

# PENGARUH KONFIGURASI TULANGAN SENGKANG TERHADAP KAPASITAS GESER DAN POLA KEHANCURAN KOLOM YANG DIBEKANI TEKAN AKSIAL

Mulyadi<sup>1)</sup>, Abdullah<sup>2)</sup>, Surya Bermansyah<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen STKIP Bina Bangsa Meulaboh, e-mail: [mul\\_young@yahoo.co.id](mailto:mul_young@yahoo.co.id)

<sup>2),3)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UNSYIAH

## Abstract

*The study of bearing capacity and buckling behavior of reinforced foamed concrete column under compressive load. The aim of this research is for knowing the bearing capacity and buckling behavior of reinforced foamed concrete column. This research can be used as the base for precast column of reinforced foamed concrete in non engineered building. The samples for the reinforced foamed concrete column have, w/c : 0.5 ; SG: 1.2, and 0.5% in weight percentage . the control sample is a 15x30 cm cylinder. The column is 200 cm in height. RFC2510 with cross section 25 x 25 has 4Φ10 mm main bars, and Φ8-100 for stirrups. RFC3010 with cross section 30 x 30 has 4Φ10 mm main bars, and Φ8-100 for stirrups. RFC3012 with cross section 30 x 30 has 4Φ12 mm main bars, and Φ8-100 for stirrups. RFC2510-75 with cross section 25 x 25 has 4Φ10 mm main bars, and Φ8-75 for stirrups. The type of load given is the axial load. In this research the average compressive strength is ( $f'_c$ ) 100.038 kg/cm<sup>2</sup> , the modulus of elasticity ( $E_c$ ) is 29793.069 kg/cm<sup>2</sup> , and the average tensile strength ( $f_t$ ) is 9.572 kg/cm<sup>2</sup>. The capacity of axial load for each column RFC2510, RFC3010, RFC3012, RFC2510-75, is 49.990ton, 70.310 ton, 58.570 ton, and 51.910 ton respectively. The increase of axial load capacity is influenced by dimension and the distance of stirrups in the column sample. However in this research the using of the bigger bar diameter does not influence the axial load to the column sample. The ratio from the lab test to the theory one is less than 1. The suitable factor reduction for reinforced foamed concrete is 0.61*

**Keywords:** Light weight concrete, Column capacity, Reduction Factor

## PENDAHULUAN

Rumah sederhana yang akan dibangun untuk korban konflik biasanya lokasi terletak pada daerah terpencil dan sulit terjangkau transportasi. Lokasi tersebut akan berdampak semua harga material pasti akan mahal. Pembangunan rumah pastilah memerlukan kayu, padahal penebangan kayu sudah tidak boleh lagi (moratorium logging) sehingga harga kayu mahal.

Salah satu jenis dari beton ringan yang mudah diproduksi adalah beton busa (*foamed concrete*) yang komposisinya hanya terdiri dari semen, air, dan busa (*foam*). Berdasarkan komposisi campuran, beton ringan dibagi menjadi tiga yaitu: beton ringan berkerikil, beton ringan tanpa kerikil dan beton tanpa kerikil halus. Diantara jenis beton ringan di atas, beton ringan (*foamed*

*concrete*) adalah jenis beton ringan tanpa kerikil. Campuran beton busa ini terdiri dari; semen, air dan udara yang berupa buih (*foam*) dan pasir kalau diinginkan. Beton busa merupakan salah satu dari bahan alternatif untuk berbagai elemen konstruksi pada bangunan gedung. Keuntungan dari beton ringan yaitu beban suatu konstruksi menjadi lebih kecil, memiliki tahanan rambatan panas yang baik, tahan terhadap api, dan memiliki tahanan rambatan suara yang lebih baik dibandingkan bahan dinding yang umum dipakai seperti batu bata.

Penelitian pada kolom beton busa bertulang (*reinforced foamed concrete*) dengan dibebani tekan aksial, yang akan ditinjau adalah: (1) Kapasitas beban aksial yang sanggup dipikul oleh kolom beton busa bertulang dengan variasi ukuran/dimensi,

(2) Kapasitas beban aksial yang sanggup dipikul oleh kolom beton busa bertulang dengan variasi ukuran tulangan utama (luasan tulangan), (3) Kapasitas beban aksial yang sanggup dipikul oleh kolom beton busa bertulang dengan variasi jarak tulangan sengkang.

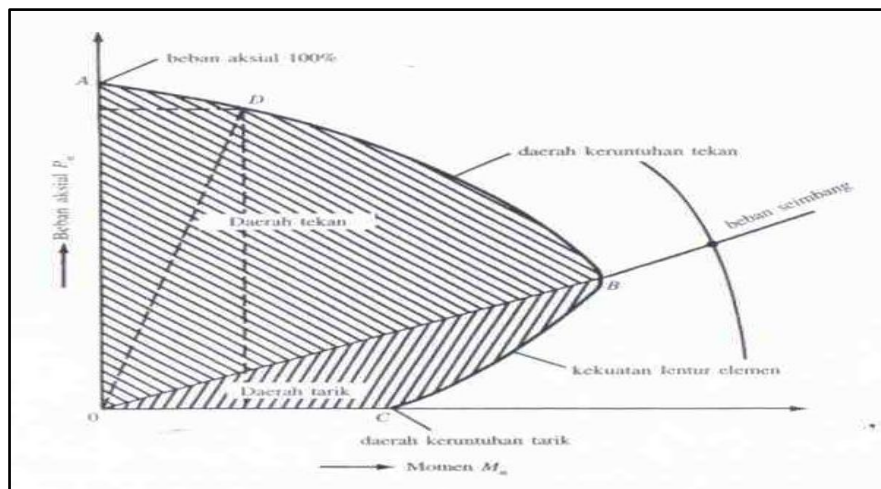
Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kapasitas dukung dan perilaku retak pada kolom *reinforced foamed concrete* yang diberikan beban tekan/aksial. Penelitian ini juga akan dilaporkan : kapasitas beban aksial, pola retak pada kolom dan defleksi yang terjadi pada kolom.

Manfaat penelitian ini untuk memperoleh struktur kolom beton busa bertulang (RFC-Column) yang dapat dikombinasikan dengan balok beton busa bertulang (RFC-Beam) untuk membentuk struktur rumah sederhana (*non engineering building*).

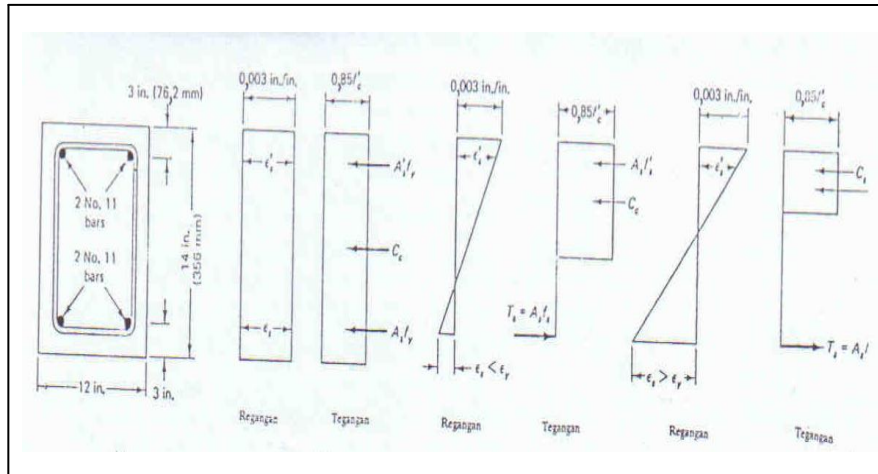
Berdasarkan besarnya regangan pada tulangan baja yang tertarik, penampang

kolom berdasarkan kondisi awal keruntuhan dapat dibagi menjadi : (1) Keruntuhan tarik, yang diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik, (2) Keruntuhan tekan, yang diawali dengan hancurnya beton yang tertekan dan (3) Keruntuhan pada kondisi balanced, terjadi apabila keruntuhan diawali dengan lelehnya tulangan yang tertarik sekaligus juga hancurnya beton yang tertekan.

Diasumsikan beton pada sisi tertekan dari kolom akan runtuh pada regangan 0,003. Regangan dapat diasumsikan pada sisi terluar kolom dan nilai  $P_n$  dan  $M_n$  dapat dihitung dengan statika. Selanjutnya dengan mempertahankan regangan 0,003 pada sisi terluar, dapat diasumsikan serangkaian regangan yang berbeda pada sisi lainnya dan menghitung masing-masing  $P_n$  dan  $M_n$ . Akhirnya akan didapatkan nilai yang cukup untuk menggambarkan diagram interaksi seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1 dibawah ini



**Gambar. 1** Diagram interaksi kolom  
Sumber : McCormac, 2004



**Gambar 2.** Geometrik kolom dan diagram tegangan serta regangannya; (a) penampang melintang; (b) beban sentries (keruntuhan tekan); (c) keruntuhan tekan; (d) keruntuhan tarik.

Apabila  $P_n$  adalah beban aksial dan  $P_{nb}$  adalah beban aksial pada kondisi balanced, maka :

- $P_n < P_{nb}$  keruntuhan tarik
- $P_n = P_{nb}$  keruntuhan balanced
- $P_n > P_{nb}$  keruntuhan tekan

Dengan Gambar 2. Geometrik kolom dan diagram tegangan serta regangannya didapat rumus sebagai berikut :

$$P_o = 0,85 x f'c x (A_g - A_s) + f_y A_s \quad (1)$$

Keterangan :

- $P_o$ = Beban tekan actual pada kolom (kg)
- $f'c$ = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)
- $A_g$ = Luas penampang beton (cm<sup>2</sup>)
- $A_s$ = Luas total tulangan utama (cm<sup>2</sup>)
- $f_y$ = Kuat leleh baja tulangan (kg/cm<sup>2</sup>)

Menurut Dhipohusodo (1999), Dalam praktek tak aka nada kolom yang dibebani tanpa eksentrisitas. Eksentrisitas beban terjadi akibat timbulnya momem yang antara lain disebabkan oleh kekangan pada ujung-ujung kolom yang dicetak secara monolit dengan komponen lain, pelaksanaan pemasangan yang kurang sempurna, ataupun penggunaan bahan yang tidak merata. Maka sebagai tambahan factor reduksi kekuatan

untuk memperhitungkan eksentrisitas minimum, peraturan memberikan ketentuan bahwa kekuatan nominal kolom dengan pengikat sengkang direduksi 20% dan untuk kolom dengan pengikat spiral direduksi 15%. Ketentuan tersebut akan memperbaiki (rumus 1) di atas menjadi kuat beban aksial maksimum seperti berikut :

Untuk kolom dengan penulangan spiral :

$$\phi P_n (maks) = 0,85 \{ 0,85 x f'c x (A_g - A_s) + f_y . A_s \} \quad (2)$$

Untuk kolom dengan penulangan sengkang :

$$\phi P_n (maks) = 0,80 \{ 0,85 x f'c x (A_g - A_s) + f_y . A_s \} \quad (3)$$

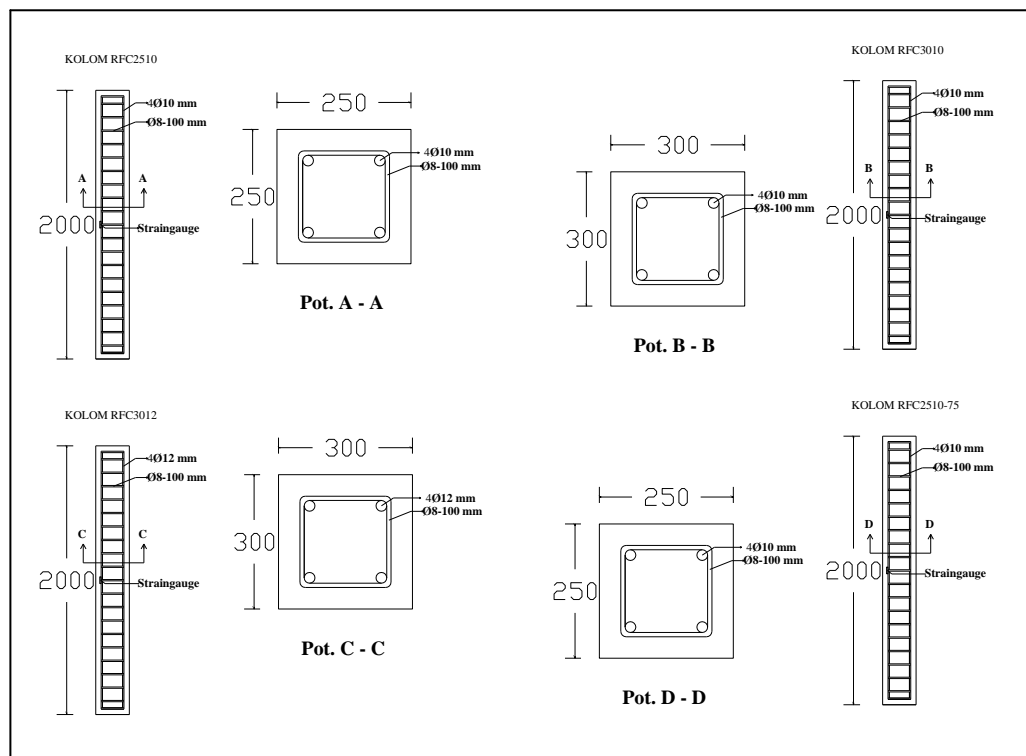
## METODE PENELITIAN

### Detail benda uji kolom

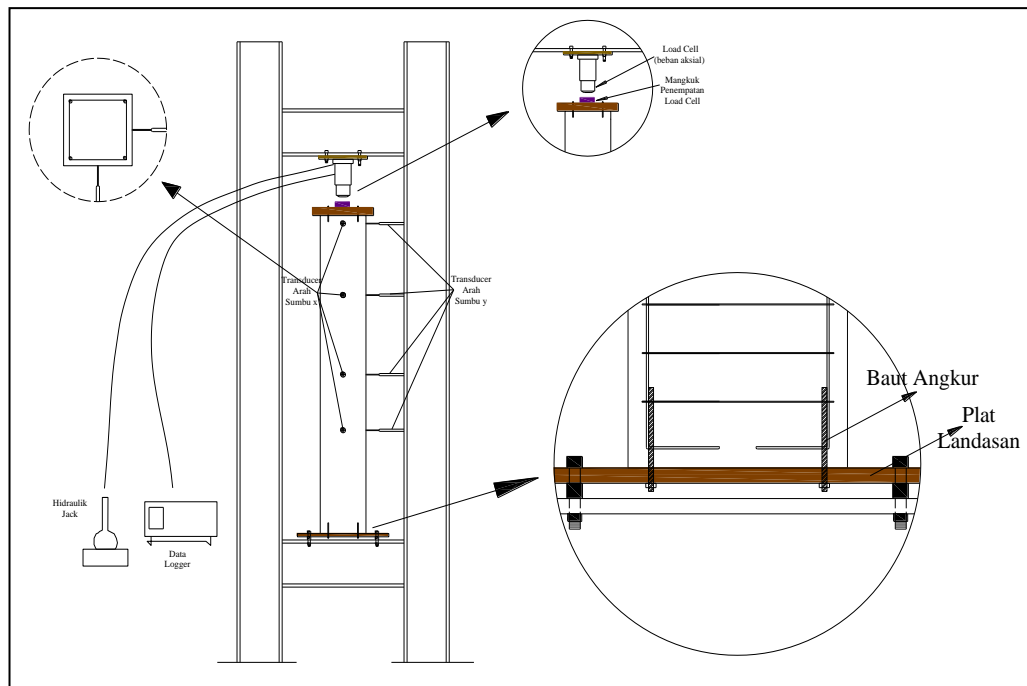
Benda uji dalam penelitian ini adalah kolom beton busa bertulang dengan FAS 0,5; SG 1,2 dan persentase serabut kelapa 0,5%, benda uji kontrol berupa silinder beton digunakan cetakan standar diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Kolom dibuat setinggi 200 cm dengan ukuran 30/30 cm dan 25/25 cm dengan kombinasi tulangan sebagai berikut :

**Tabel 1.** Benda uji kolom *Reinforced Foamed Concrete*

Kode	Kolom (cm)	Tulangan Utama (mm)	Senggang (mm)
RFC2510	25 x 25	4 Ø 10	Ø 8 – 100
RFC3010	30 x 30	4 Ø 10	Ø 8 – 100
RFC3012	30 x 30	4 Ø 12	Ø 8 – 100
RFC2510-75	25 x 25	4 Ø 10	Ø 8 – 75



**Gambar 3.** Benda uji kolom beton busa



**Gambar 4.** Skema penempatan alat dan *set up* benda uji untuk penelitian

Detail benda uji kolom dan penempatan *strain gauges* baja dan beton yang dipergunakan untuk mengukur regangan yang timbul pada benda uji kolom diperlihatkan pada Gambar 3.

Pembebanan dilakukan dengan memberikan beban aksial. Beban diberikan secara perlahan hingga kolom runtuh. Pembacaan defleksi dan regangan tulangan kolom memakai *transducer* dan *strain gauge* dan dimonitor dengan *data logger* setiap kenaikan 100 kg beban.

Pengetesan benda uji akan dipasang secara kaku pada plat yang terhubung dengan lantai (*strong floor*). Rangkaian alat tes dipasang pada kolom rangka baja (*frame*) dan hubungannya dengan benda uji disajikan pada Gambar 3.2 .

Beban aksial juga diberikan oleh dongkrak hidran (*hydraulic jack*) yang terhubung dengan load cell. Pengukuran defleksi saat kolom dibebani tekan selama pengetesan akan dilakukan dengan menggunakan defleksi *transducer* yang dipasang pada sisi kolom (arah X dan Y) pada jarak 666,667 mm ( $L/3$ ); 1000 mm ( $L/2$ ); 1500 mm ( $3L/4$ ) dan 2000 mm. Untuk mengetahui regangan yang terjadi pada tulangan utama, dipasang

*strain gauge* baja pada daerah kemungkinan terjadi regangan (seperti terlihat pada Gambar 4. Print out data hasil dari *transducer*, *strain gauge* dan *load cell* akan dikeluarkan melalui *portable data logger*

Pola perkembangan retakan akan dimonitor pada setiap saat dengan membuat gambar retakan yang terjadi pada kolom, sesuai dengan besar beban aksial yang terjadi.

### Pengolahan data

Data yang diperoleh dari pengujian kuat tarik baja dibuat grafik hubungan antara tegangan dan regangan, dari grafik tersebut dapat dilihat tegangan dan regangan yield baja tulangan. Pengujian kuat tekan dan pengujian kuat tarik belah silinder dievaluasi dengan cara statistik sederhana, yaitu mengambil nilai rata-rata benda uji baik kuat tekan dan tarik belahnya.

Pada pengujian benda uji kolom, beban aksial diperoleh dari nilai yang dikeluarkan oleh *load cell* yang dilakukan pembebanan dengan menggunakan *hydraulic jack*, *defleksi* yang terjadi pada benda uji dimonitor dengan menggunakan *transducer*, sedangkan regangan pada beton dan baja

dimonitor dengan menggunakan *strain gage*. Semua alat tersebut berupa *load cell*, *transducer* dan *strain gage* dihubungkan ke alat print berupa *portable data logger*. Pengolahan data akan dilakukan sesuai kajian teori yang telah dilakukan.

Hasil pengolahan data akan berupa tabel data olahan dan beberapa grafik yaitu hubungan beban aksial dengan regangan pada beton ( $\epsilon_c$ ), baja tulangan ( $\epsilon_y$ ) dan regangan *failure* ( $\epsilon_{failure}$ ). Perilaku kolom yang akan diolah dan dilaporkan adalah: peningkatan beban aksial, *defleksi* dan pola perkembangan retak dan kehancuran kolom beton busa bertulang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini sifat-sifat mekanis meliputi kuat tekan beton dan elastisitas beton serta kuat tarik belah beton busa. Hasil dari kuat

tekan beton rata-rata didapat 100,038 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk Modulus elastisitas didapat dari hubungan Tegangan – Regangan beton. Dari grafik tersebut didapat regangan beton busa ( $\epsilon_c$ ) sebesar 0,00101 dan tegangan pada saat regangan tersebut adalah 30,091 kg/cm<sup>2</sup>, modulus elastisitasnya adalah 29793,069 kg/cm<sup>2</sup> dan kuat tarik belah rata-rata adalah sebesar 9,572 kg/cm<sup>2</sup>.

Data-data diatas dipakai untuk menghitung kapasitas teoritis kolom beton busa. Untuk mendapatkan rasio antara hasil pengujian laboratorium dengan teori > 1, dilakukan perhitungan menggunakan faktor reduksi lainnya. Hasil perhitungan didapat bahwa, dengan menggunakan faktor reduksi 0,61 rasio keseluruhan benda uji adalah lebih besar dari 1 (> 1). Perbandingan perhitungan kapasitas teoritisnya dengan hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 2. dibawah ini :

**Tabel 2.** Perbandingan perhitungan kapasitas teoritisnya dengan hasil pengujian

Kode	Teoritis			Hasil Pengujian	Lab : Teoritis
	Beton	Baja	Total		
	$0,61\{0,85 * f_c * (A_g - A_s)\}$	$0,61\{f_y * A_s\}$	P		
RFC2510	32.367	6.019	38.385	49.990	1.302
RFC3010	46.680	6.019	52.698	70.310	1.334
RFC3012	46.608	11.595	58.203	58.570	1.006
RFC2510-75	32.367	6.019	38.385	51.910	1.352

### Kapasitas beban aksial

Kapasitas beban aksial yang akan dibahas dibagi menjadi 3 bagian, yaitu :

#### Kapasitas beban aksial berdasarkan dimensi kolom.

Kapasitas beban aksial berdasarkan dimensi kolom dapat dilihat dengan membandingkan benda uji RFC2510 dan RFC3010.

Kapasitas beban aksial benda uji RFC2510 adalah 49,99 ton, sedangkan RFC3010 kapasitas beban aksialnya 70,31 ton. Pada benda uji RFC2510 kerusakan terjadi pada bagian atas benda uji akibat pemberian beban aksial, sedangkan pada RFC3010 kerusakan terjadi pada bagian bawah benda

uji akibat penyaluran beban aksial dari atas. Jadi ukuran dimensi benda uji berpengaruh dalam peningkatan kapasitas beban aksial.

#### Kapasitas beban aksial berdasarkan diameter tulangan utama

Pengaruh diameter ukuran tulangan utama terhadap Kapasitas kolom dilakukan dengan membandingkan benda uji RFC3010 dan RFC3012. Benda uji RFC3010 kapasitas beban aksialnya 70,31 ton, sedangkan RFC3012 kapasitas beban aksialnya 58,57 ton. Dari hasil pengujian didapat bahwa terjadi ketidaksesuaian antara hasil pengujian dengan teori kapasitas kolom dengan memperhitungkan luasan tulangan

(lihat Tabel 4.5). Meskipun luas tulangan benda uji RFC3012 lebih besar dari RFC3010 dan mutu tulangan( $f_y$ ) > mutu beton ( $f'_c$ ), kapasitas kolom menurun. Penyebabnya adalah adanya ketidakparalelan/kerataan bidang tekan antara bidang atas dengan bidang bawah.

#### **Kapasitas beban aksial berdasarkan jarak sengkang**

Kapasitas beban aksial berdasarkan jarak sengkang dilihat perbandingan benda uji RFC2510 dan RFC2510-75. Benda uji RFC2510 kapasitas beban aksial 49,99 ton, sedangkan RFC2510-75 kapasitas beban aksialnya 51,91 ton. Jadi jarak sengkang mempengaruhi kapasitas beban aksial pada kolom. Pada benda uji RFC2510 kerusakan terjadi pada bagian atas benda uji akibat pemberian beban aksial, sedangkan RFC2510-75 terjadi pada bagian bawah, dikarenakan bertambah rapatnya jarak sengkang sehingga kekakuan bertambah.

#### **KESIMPULAN**

Pada penelitian ini, hasil kuat tekan rata-rata ( $f'_c$ ) adalah  $100,038 \text{ kg/cm}^2$ , modulus elastisitasnya ( $E_c$ ) adalah  $29793,069 \text{ kg/cm}^2$  dan kuat tarik belah rata-rata ( $f_t$ ) adalah  $9,572 \text{ kg/cm}^2$ . Kapasitas beban aksial masing-masing kolom RFC2510, RFC3010, RFC3012 dan RFC2510-75 berturut-turut adalah 49,990ton; 70,310ton; 58,570ton dan 51,910ton. Peningkatan kapasitas beban aksial dipengaruhi oleh ukuran dimensi dan jarak sengkang benda uji kolom *reinforced foamed concrete*. Tetapi pada penelitian ini pembesaran diameter/luasan tulangan utama tidak berpengaruh terhadap peningkatan beban aksial pada benda uji kolom *reinforced foamed concrete*. Rasio hasil pengujian laboratorium terhadap kapasitas teoritis < 1. Faktor reduksi yang sesuai (rasio hasil pengujian terhadap kapasitas teoritis > 1) untuk *reinforced foamed concrete* digunakan faktor reduksi 0,61.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Abdullah dan Kasuki, T, 2001, *Complete Collapse Test of Reinforced Concrete Columns*, Structural Engineering and

Mechanics, an Internasional Journal, Vol. 12, No. 2, hal. 157-168.

American Concrete Institute, 2002, *Building Code Requirements for Structural Concrete*, (ACI 318-2002), American Concrete Institute.

McCormac, Jack C., 2004, *Desain Beton Bertulang*, Edisi Kelima, Jilid Pertama, Terjemahan Sumargo Ph. D., Erlangga

Dipohusodo, Istimawan, 1999, *Struktur Beton Bertulang : berdasarkan SK SNI T-15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI*, PT. Gramedia Pustaka Utama, 1994.

Park, R and T. Paulay, 1975, *Reinforced Concrete*, John Wiley & Sons, New York.

Schodek, D.L, 1999, *Struktur*, Edisi Kedua, Terjemahan: Bambang Suryoatmono, Erlangga, Jakarta.

